

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2019

Pavel Golomb

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Vliv třídy přesnosti měřicích transformátorů proudu na  
fakturační údaje**  
**Influence of Accuracy Class of Instrument Current Transformers  
to Invoice Information**

2019

Pavel Golomb

## Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Golomb**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika  
Téma: **Vliv třídy přesnosti měřících transformátorů proudu na fakturační údaje**  
**Influence of Accuracy Class of Instrument Current Transformers to Invoice Information**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Teoretický rozbor (základní popis, princip a konstrukce MTP, fakturační měření spotřeby energie)
3. Proved'te rozbor naměřených údajů spotřeby s ohledem na změnu TP transformátorů
4. Analyzujte naměřená data a měření vyhodno'te
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

- KRÁL, Josef, VANĚK Jaromír, Elektromagnetické přístroje, 1984, VUT Brno
- KOPEČEK, Jan, DVOŘÁK, Miloš, Přístrojové transformátory (měřicí a jistící), ČSAV Academia, 1966, Praha
- Katalogy a katalogové listy
- Odborné a technické www stránky
- Příspěvky vědeckých konferencí, časopisy
- Technické normy


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Kačor, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019



  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení studenta

*„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“*

V Ostravě dne 29. 4. 2019



.....

podpis studenta

## **Poděkování**

Chtěl bych touto cestou poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Petrovi Kačorovi, Ph.D.za veškerou energii věnovanou při konzultacích, za velmi cenné rady a připomínky k této bakalářské práci. Dále bych chtěl poděkovat kolegům ze zaměstnání, kteří mi umožnili realizovat praktickou část této bakalářské práce. Poděkování patří určitě i odběrateli, který mi zpřístupnil svou odběratelskou trafostanici a umožnil mi beznapěťový stav ve svém odběrném místě za účelem instalace měřicího zařízení.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce je zaměřena na měření spotřeby elektrické energie v odběrných místech odběratelů z napěťové hladiny vysokého napětí s nepřímým měřením. Údaje o spotřebě naměřené elektroměrem, slouží pro výpočet výsledné faktury za regulované platby související s dodávkou elektřiny. Cílem práce je ověřit, jaký vliv na naměřené údaje o spotřebě elektrické energie má třída přesnosti měřicích transformátorů proudu. Ve vybraném odběrném místě připojeném na napěťové hladině vysokého napětí, byla paralelně k fakturačnímu měření instalována druhá měřicí souprava, která obsahovala MTP s nižší třídou přesnosti oproti třídě přesnosti měřicích transformátorů proudu použitých pro fakturační měření. Získaná data z obou měřicích souprav byla následně porovnána a byl vyčíslen finanční rozdíl za fakturaci regulovaných plateb související s dodávkou elektřiny.

## **Klíčová slova**

Měřicí transformátory proudu, třída přesnosti, fakturační údaje, údaje o spotřebě elektřiny

## **Abstract**

The bachelor's diploma thesis aims on gauging of the energy consumption by high voltage industrial consumers with indirect measurement method. Consumption data obtained from electrometer are used in the invoicing process in calculation of regulated fees related to electricity supply. The aim of the thesis is to find out how accuracy class of the measuring current transformers can influence obtained consumption data. In chosen supply point launched to the high voltage transmission line was a second set of measuring current transformers placed parallelly to the billing measurement. This set was of inferior quality class in terms of measurement accuracy to the original measuring current transformers used in invoicing. Both sets of obtained data were compared and the difference in final price for regulated fees related to electricity supply was calculated.

## **Key words**

Instrument current transformers, Accuracy class, billing information, Electricity consumption data

# Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Teoretický rozbor .....	2
2.1	Základní popis měřicího transformátoru .....	2
2.2	Charakteristika MTP .....	3
2.3	Parametry MTP .....	3
2.3.1	Technická provedení .....	3
2.3.2	Jmenovitá zátěž .....	4
2.3.3	Zkratový proud.....	4
2.3.4	Třída přesnosti.....	5
2.3.5	Jmenovitý převod .....	5
2.3.6	Nadproudové číslo - instrument factor security (FS) .....	5
2.4	Přesnost v provozní a nadproudové oblasti .....	6
2.5	Měření elektrické energie.....	7
2.5.1	Elektroměr .....	7
2.5.2	Univerzální měřicí přístroj .....	8
2.6	Podmínky pro umístění měřicího zařízení z pohledu provozovatele distribuční soustavy .....	9
2.6.1	Přímé měření .....	10
2.6.2	Nepřímé měření.....	10
2.6.3	Požadovaná třída přesnosti MT na území PDS ČEZ Distribuce, a. s.....	12
2.7	Rozdělení typu měření z pohledu legislativy [11].....	12
2.7.1	Měření typu A .....	12
2.7.2	Měření typu B.....	13
2.7.3	Měření typu M.....	13
2.7.4	Měření typu C.....	13
2.7.5	Neměřené odběry .....	14
2.8	Fakturační měření spotřeby elektrické energie .....	14
2.9	Fakturace dle naměřených údajů o spotřebě elektrické energie .....	14
2.9.1	Regulované platby související s dodávkou elektřiny [7].....	15
3.	Rozbor naměřených údajů spotřeby s ohledem na změnu třídy přesnosti transformátorů.....	17
3.1	Popis odběrného místa .....	17
3.2	Fyzické provedení instalace měření .....	18
4.	Analýza naměřených dat, vyhodnocení měření .....	19

4.1	Naměřené údaje.....	19
4.1.1	Fakturační elektroměr .....	19
4.1.2	Přístroj MEG40 <sup>+</sup> .....	20
4.1.3	Porovnání proudů podle jednotlivých fází .....	21
4.1.4	Porovnání hodinového profilu spotřeby elektrické energie.....	24
4.2	Dopad třídy přesnosti MTP na fakturační údaje .....	25
5.	Závěr .....	27
6.	Seznam literatury.....	28



## Seznam použitých symbolů a zkratek

$A$	$[kWh]$	Spotřeba elektrické energie
$A_{ELM}$	$[kWh]$	Spotřeba elektrické energie naměřená fakturačním elektroměrem
$A_{MEG}$	$[kWh]$	Spotřeba elektrické energie naměřená přístrojem MEG40+
ČSN		Česká státní norma
DPH		Daň z přidané hodnoty
ELM		Elektroměr
EN		Evropská norma
ERÚ		Energetický regulační úřad
FS		Factor security, nadproudové číslo
HDO		Hromadné dálkové ovládání
HDS		Hlavní domovní skříň
$I_1, I_2, I_3$	$[A]$	Proudy v jednotlivých fázích
$I_{cth}$	$[A]$	Jmenovitý trvalý tepelný proud
$I_{dyn}$	$[A]$	Rated dynamic current, jmenovitý dynamický proud
$I_{ELM1}, I_{ELM2}, I_{ELM3}$	$[A]$	Proudy naměřené fakturačním elektroměrem
$I_{MEG1}, I_{MEG2}, I_{MEG3}$	$[A]$	Proudy naměřené Přístrojem MEG40+
$I_N$	$[A]$	Jmenovitý proud
IP		Ingress protection – stupeň krytí
$I_P$	$[A]$	Primární proud
$I_{th}$	$[A]$	Rated short-time thermal current, jmenovitý krátkodobý tepelný proud
$I_S$	$[A]$	Sekundární proud
$L1, L2, L3$		Fázové vodiče
MTN		Měřicí transformátor
MTN		Měřicí transformátor napětí
MTP		Měřicí transformátor proudu

$NN$		<i>Nízké napětí</i>
$N_P$		<i>Počet závitů primárního vinutí</i>
$N_S$		<i>Počet závitů sekundárního vinutí</i>
$PC$		<i>Personal Computer, osobní počítač</i>
$PDA$		<i>Personal digital assistant, osobní digitální pomocník</i>
$PDS$		<i>Provozovatel distribuční soustavy</i>
$P_{max}$	$[kW]$	<i>Maximální hodnota čtvrt hodinového příkonu</i>
$PP$		<i>Připojovací podmínky</i>
$t$	$[dd.mm.rrrr\ hh:mm]$	<i>Čas uvedený ve formátu datum a čas</i>
$Tp$		<i>Třída přesnosti</i>
$U_{eff}$	$[V]$	<i>Zkušební izolační napětí</i>
$U_m$	$[V]$	<i>Maximální provozní napětí</i>
$USM$		<i>Univerzální skříň měření</i>
$VN$		<i>Vysoké napětí</i>
$VVN$		<i>Velmi vysoké napětí</i>

## Seznam obrázků

<i>Obr. 1 Konstrukce MTP .....</i>	<i>2</i>
<i>Obr. 2 Přístrojový transformátor proudu [2] a) podpěrný; b) průchozí; c) průchodkový; d) průvlakový; e) násuvný.....</i>	<i>4</i>
<i>Obr. 3 Základní schéma zapojení MTP s měřicím přístrojem [1] .....</i>	<i>5</i>
<i>Obr. 4 Grafické znázornění závislosti primárního proudu na sekundární proud s ohledem na nasycení magnetického obvodu pro MTP s FS5 a převodem 100/5 A .....</i>	<i>5</i>
<i>Obr. 5 Pole dovolených chyb a skutečných chyb [9] .....</i>	<i>6</i>
<i>Obr. 6 Rozdělení České republiky mezi provozovatele distribuční soustavy [12] .....</i>	<i>7</i>
<i>Obr. 7 Znázornění provedení parametrizace elektroměru k převodu MTP .....</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 8 Statické průběhové multifunkční elektroměry, vlevo výrobce LandisGyr, vpravo Itron .....</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 9 Univerzální měřicí přístroj MEG40<sup>+</sup> .....</i>	<i>9</i>
<i>Obr. 10 Zapojení přímého měření [4] .....</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 11 Zapojení nepřímého měření [4] .....</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 12 Znázornění měření elektřiny v odběrném místě .....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 13 Schématické znázornění předávání naměřených dat .....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 14 Graficky znázorněný rozpad ceny elektřiny pro odběratele na hladině VN .....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 15 Schéma zapojení .....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 16 Rozvaděč NN s instalovanými MTP .....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 17 Použitý MTP typu ASK31.4 .....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 18 Průběh proudů ve fázi L1 .....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 19 Odchylka proudu ve fázi L1 .....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 20 Průběh proudů ve fázi L2 .....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 21 Odchylka proudu ve fázi L2 .....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 22 Průběh proudů ve fázi L3 .....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 23 Odchylka proudu ve fázi L3 .....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 24 Porovnání hodinového průběhu spotřeby elektrické energie .....</i>	<i>24</i>

## Seznam tabulek

<i>Tab. 1 Dovolené chyby transformátorů v měřícím rozsahu [9]</i> .....	6
<i>Tab. 2 Požadované třídy přesnosti PDS</i> .....	12
<i>Tab. 3 Rozpis cen za regulované platby pro rok 2018</i> .....	16
<i>Tab. 4 Vzorek hodnot proudů získaných fakturačním elektroměrem</i> .....	19
<i>Tab. 5 Vzorek hodnot činné energie získaných fakturačním elektroměrem</i> .....	19
<i>Tab. 6 Vzorek hodnot proudů získaných přístrojem MEg40<sup>+</sup></i> .....	20
<i>Tab. 7 Vzorek hodnot činné energie získaných přístrojem MEg40<sup>+</sup></i> .....	20
<i>Tab. 8 Výpočet ceny za regulované platby</i> .....	25

# 1. Úvod

Úkolem této bakalářské práce je prokázat vliv třídy přesnosti měřicích transformátorů proudu na naměřené údaje v odběrných místech s nepřímým měřením. Každé odběrné místo je připojováno k distribuční soustavě dle platných připojovacích podmínek provozovatele distribuční soustavy. V případě požadavku odběratele na změnu v odběrném místě, požaduje PDS upravit odběrné místo dle aktuálně platných připojovacích podmínek. Jedním z možných požadavků je úprava měření spočívající ve výměně MTP za MTP s požadovanou třídou přesnosti 0,5S.

Pro vypracování praktické části práce byla oslovena realitní kancelář vlastníci administrativní budovu, ve které se nacházejí kancelářské prostory. Administrativní budova je připojena k distribuční soustavě prostřednictvím odběratelské transformační stanice 22/0,4 kV. Fakturační měření je umístěné na sekundární straně transformátoru. Třída přesnosti MTP fakturačního měření je 0,5S. S uděleným souhlasem odběratele byla provedena instalace druhé sady MTP, s třídou přesnosti 1. Instalace této sady MTP byla provedena v trafostanici na kabelovém vývodu z rozvaděče nízkého napětí. Na tuto druhou sadu MTP byl připojen po dobu deseti dní přístroj MEg40<sup>+</sup>, který zaznamenával veškeré údaje o spotřebě elektrické energie.

Za sledované období byly porovnány hodnoty z fakturačního měření s hodnotami z přístroje MEg40<sup>+</sup>. Naměřené hodnoty byly graficky znázorněny a z těchto hodnot byla vypočtena odchylka. Pro výpočet odchylek byly referenčními hodnotami zvoleny hodnoty z fakturačního měření. Na závěr byl zjištěn finanční dopad odchylky z naměřených hodnot o spotřebě elektrické energie do faktury za regulované platby související s dodávkou elektřiny.

## 2. Teoretický rozbor

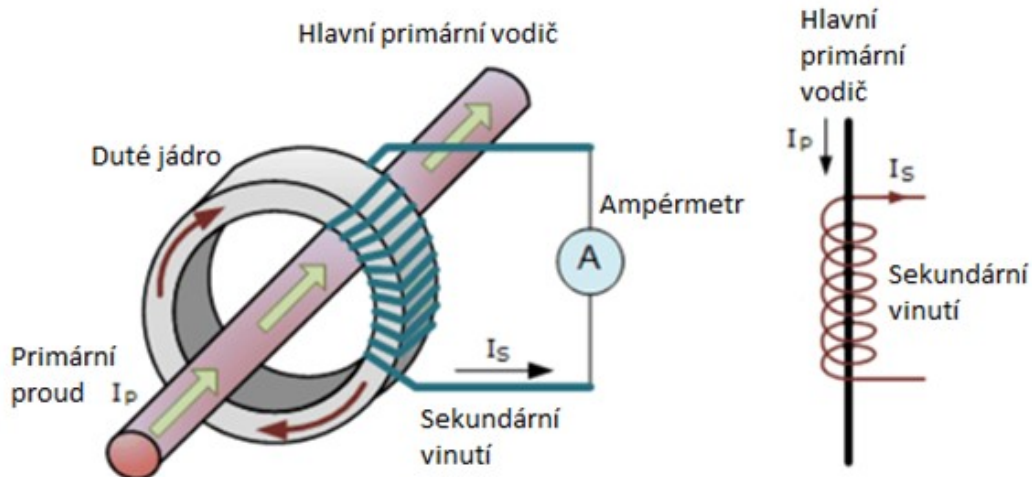
### 2.1 Základní popis měřicího transformátoru

Měřicí transformátory jsou přístroje sloužící k měření dodané nebo spotřebované elektrické energie v odběrném místě. Jsou to přístroje měřící elektrické veličiny – proud, napětí, výkon, práce, kmitočet, účinník a jiné.

Rozsah elektrických veličin v elektrizační soustavě může být značný. Například proudy mohou být v řádu ampérů až kiloampérů, napětí řádu desítek voltů až stovek kilovoltů. K těmto rozsahům veličin je velice těžké přizpůsobit i proudové nebo napěťové obvody měřicích zařízení. Proto se tato měřicí zařízení nepřipojují přímo do elektrických obvodů, ale zapojují se nepřímo přes měřicí transformátory proudu a napětí, tzv. přístrojové transformátory. Přístrojové transformátory transformují hodnoty proudu a napětí na předem definované hodnoty vhodné pro napájení proudových a napěťových cívek měřicích přístrojů.

Hlavním oborem využití přístrojových transformátorů jsou elektrizační soustavy a elektrická zařízení vysokého a velmi vysokého napětí. Jejich uplatnění nalezneme i v zařízeních nízkého napětí.

Přístrojové transformátory jsou elektromagnetické netočivé stroje, které napájejí přístrojové obvody. Konstrukcí a technologií jsou velice podobná ostatním elektromagnetickým netočivým strojům (např. silovým transformátorům), jejich funkčností se však spíše blíží přístrojům. Jsou to vesměs transformátory s ferromagnetickým obvodem [9].



Obr. 1 Konstrukce MTP

Každý přístrojový transformátor může transformovat s určitou přesností pouze jednu z primárních veličin, a to buď napětí anebo proud [9].

Dle měřené veličiny rozeznáváme:

- a) přístrojový transformátor napětí
- b) přístrojový transformátor proudu

## 2.2 Charakteristika MTP

MTP charakterizuje malý budící proud, tj. velká budící impedance, rozptylová reaktance je srovnatelná s impedancí vnějšího elektrického obvodu připojeného na sekundární stranu přístrojového transformátoru proudu. MTP jsou navrženy tak, aby se proud transformoval s malými chybami v předem určených tolerančních rozmezích. Na chybě transformovaného napětí, u přístrojových transformátorů proudu, nezáleží. Provozní oblast MTP se blíží chodu transformátoru nakrátko. MTP napájejí proudové systémy měřicích přístrojů. Primární vinutí je, na rozdíl od výkonových nebo napěťových transformátorů, zapojeno do série s obvodem, tedy s vedením. Poměr primárního proudu  $I_P$  a sekundárního proudu  $I_S$  je určen poměrem počtu závitů primárního vinutí  $N_P$  a sekundárního vinutí  $N_S$  [9].

Břemeno transformátoru je vyjádřeno jako impedance připojených přístrojů a přívodů od transformátoru k daným přístrojům [9], viz rovnice (1).

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (1)$$

## 2.3 Parametry MTP

Parametry MTP jsou stanoveny v souboru norem ČSN EN 61869 *Přístrojové transformátory - část 2: Dodatečné požadavky na transformátory proudu* [3].

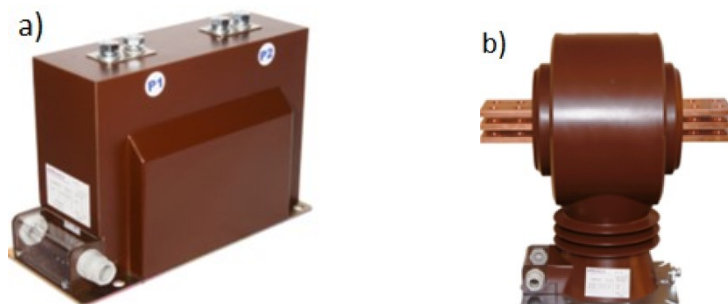
Tato norma [3] platí pro nově vyráběné indukční transformátory proudu pro použití s elektrickými měřicími přístroji a/nebo ochrannými zařízeními, které mají jmenovitou frekvenci od 15 Hz do 100 Hz.

Základní rozdělení MTP podle:

- a) technického provedení umístění
- b) izolační hladiny
- c) jmenovité frekvence
- d) jmenovité zátěže
- e) zkratového proudu
- f) třídy přesnosti
- g) jmenovitého převodu
- h) nadproudového čísla

### 2.3.1 Technická provedení

Vyráběná technická provedení [2] jsou průchodková, podpěrná, průchozí, průvlaková, násuvná.





Obr. 2 Přístrojový transformátor proudu [2] a) podpěrný; b) průchozí; c) průchodkový; d) průvlakový; e) násuvný

### 2.3.2 Jmenovitá zátěž

Normalizované hodnoty jmenovité zátěže jsou: 2,5 – 5 – 10 – 15 – 30 VA. Jiné než normalizované hodnoty musí být vypočteny a zkonstruovány výrobcem.

### 2.3.3 Zkratový proud

Jmenovitý krátkodobý tepelný proud ( $I_{th}$  – rated short-time thermal current) – efektivní hodnota primárního proudu, který transformátor vydrží po dobu 1 sekundy při zkratovaném sekundárním vinutí, aniž by došlo k poškození transformátoru.

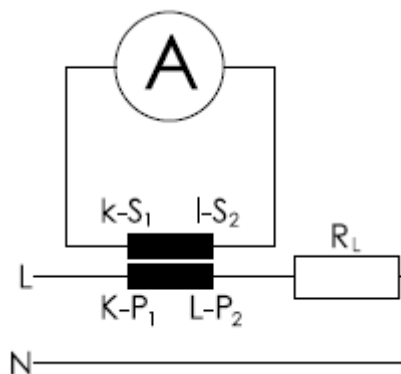
Jmenovitý dynamický proud ( $I_{dyn}$  – rated dynamic current) – vrcholová hodnota primárního proudu, kterou transformátor vydrží bez elektrického nebo mechanického poškození elektrodynamickými silami při zkratovaném sekundárním vinutí

Konstrukčně lze zkratové poměry jmenovitého dynamického proudu a krátkodobého tepelného proudu upravit dle požadavku zadavatele. Standardně je zkratový poměr nastaven v jednotkách kA v poměru (2):

$$I_{dyn} = 2,5 \cdot I_{th} \quad (2)$$

Sekundární svorky MTP musí být při provozu připojeny k zátěži nebo vyzkratovány. Jeden pól musí být spojen s uzemněním. Svorky MTP jsou označovány tak, aby mohl být zachován souhlasný tok proudu na primární a sekundární straně transformátoru při připojování k měřicím přístrojům. Svorky konců primárních vinutí se obvykle značí P1, P2. Svorky konců sekundárních vinutí se obvykle značí S1, S2.





Obr. 3 Základní schéma zapojení MTP s měřicím přístrojem [1]

### 2.3.4 Třída přesnosti

Dle normy [3] je stanoveno osm tříd přesnosti ( $T_p = 0,1; 0,2; 0,2S; 0,5; 0,5S; 1; 3; 5$ ). Pro obchodní měření je přednostně používána třída přesnosti 0,5S.

### 2.3.5 Jmenovitý převod

Jmenovitý převod je poměr jmenovitého primárního proudu ke jmenovitému sekundárnímu proudu. Jmenovitý primární proud (A) je zvolen z řady normalizovaných hodnot jmenovitých proudů [3], jejich dekadických násobků nebo zlomků:

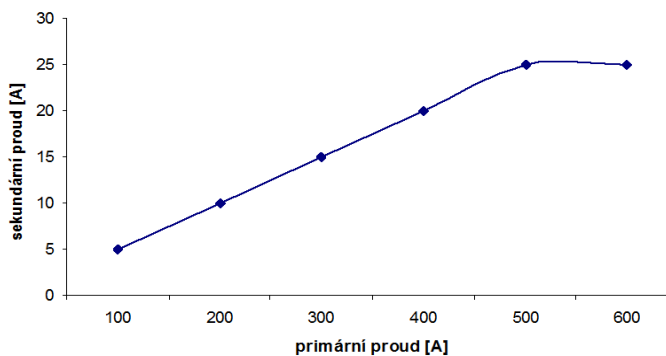
10 – 12,5 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 75

Jmenovitý sekundární proud (A) je zvolen z normalizovaných hodnot jmenovitých sekundárních proudů 1 A nebo 5 A.

### 2.3.6 Nadproudové číslo - instrument factor security (FS)

Nadproudové číslo vyjadřuje poměr výsledného budícího proudu k jmenovitému proudu, při kterém se magnetický obvod měřicího transformátoru přesytí. Tento parametr je důležitý při ochraně měřicích přístrojů na sekundární straně měřicího transformátoru. Skutečné nadproudové číslo u měřicích transformátorů, je vždy menší, než je uvedeno na štítku. Např. pro FS5 je to maximálně 4,999. Výsledkem je při průchodu primárního proudu větším než 5-ti násobek primárního jmenovitého proudu se při převodu na 5 A objeví na sekundární straně MT proud menší než 25 A.

Primární proud [A]	Sekundární proud [A]
100	5
200	10
300	15
400	20
500	24,995
600	24,995

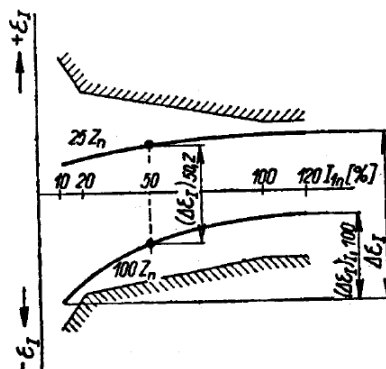


Obr. 4 Grafické znázornění závislosti primárního proudu na sekundární proud s ohledem na nasycení magnetického obvodu pro MTP s FS5 a převodem 100/5 A

## 2.4 Přesnost v provozní a nadproudové oblasti

Rozsah MTP je doporučeno volit tak, aby základní měření probíhala v rozmezí 50 – 100% jmenovitého proudu. Pro přenosy, kde je veliký rozdíl mezi minimálním a maximálním měřeným proudem, lze použít transformátory s rozšířeným proudovým rozsahem. Normalizované hodnoty jmenovitého rozšířeného primárního proudu jsou 120%, 150% a 200% jmenovitého primárního proudu.

Norma [3] dovoluje pro třídy přesnosti 0,2; 0,5 a 1 při rozsahu břemene od 25 % do 100 % jmenovitého břemene, při jmenovitém kmitočtu a primárním proudu prakticky sinusovém v rozsahu od 10 % do 120 % jmenovitého primárního proudu u jednotlivých tříd přesnosti dovolené chyby. Graficky znázorněno na **Obr. 5**. Dovolené chyby jsou uvedené v **Tab. 1 Dovolené chyby transformátorů v měřicím rozsahu**



Obr. 5 Pole dovolených chyb a skutečných chyb [9]

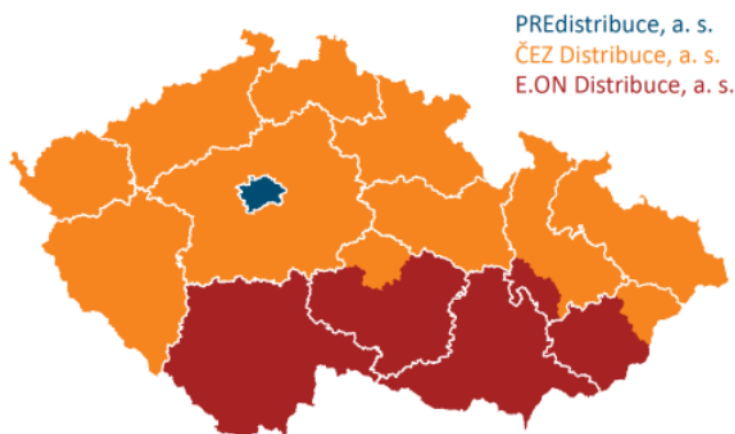
Tab. 1 Dovolené chyby transformátorů v měřicím rozsahu [9]

Tp	$\pm \epsilon_I$ [%] při primárním proudu rovném			
	10 % $I_{In}$	20 % $I_{In}$	100 % $I_{In}$	120 % $I_{In}$
0,1	0,25	0,2	0,1	0,1
0,2	0,5	0,35	0,2	0,2
0,5	1	0,75	0,5	0,5
1	2	1,5	1	1
	50 % $I_{In}$		100 % $I_{In}$	
3	3		3	
5	5		5	

## 2.5 Měření elektrické energie

Na území České republiky působí tři provozovatelé regionálních distribučních soustav:

- a) PREdistribuce, a. s.
- b) E.ON Distribuce a. s.
- c) ČEZ Distribuce, a. s.



Obr. 6 Rozdělení České republiky mezi provozovatele distribuční soustavy [12]

Pro zjednodušení bakalářské práce budou další kapitoly vztaženy pouze k distribučnímu území, kde byla provedena praktická část práce, tedy k distribučnímu území ČEZ Distribuce, a. s.

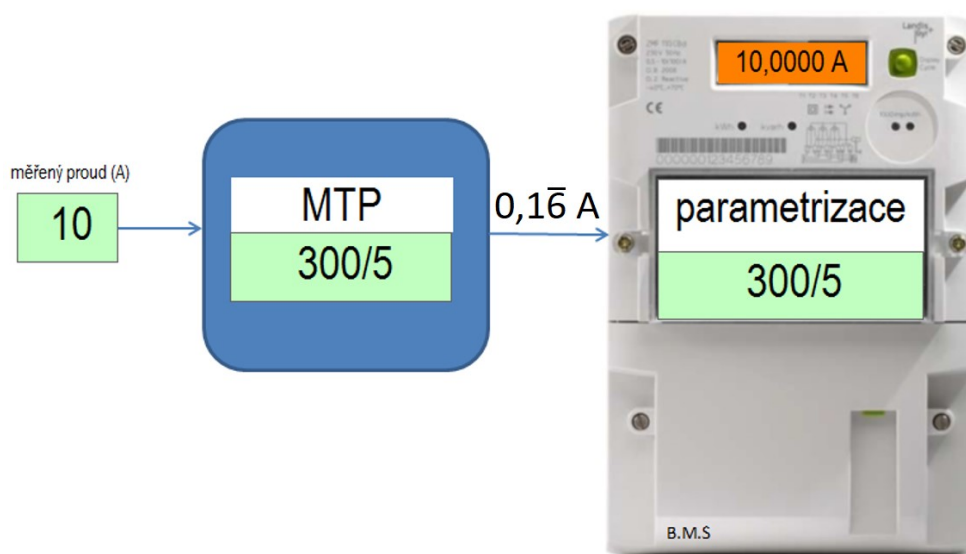
### 2.5.1 Elektroměr

Elektroměr je elektrický měřicí přístroj, který měří a zaznamenává množství odebrané nebo dodané elektrické energie. Elektroměry jsou rozděleny podle základního principu:

- **Indukční elektroměr** – rotační část (hliníkový kotouč) je umístěna ve vzduchové mezeře mezi póly dvou magnetických systémů. Vlivem vířivých proudů se indukuje magnetický tok. Vzájemným působením těchto proudů a magnetického pole vzniká pohybový moment, čímž dochází k otáčení rotační části. Hliníkový kotouč je mechanicky propojen s počítacím mechanismem.
- **Statický elektroměr** – na rozdíl od indukčních elektroměrů neobsahuje žádné mechanické prvky, celý provoz řídí mikroprocesor, který převádí analogové signály ze senzorů proudu a napětí na digitální.

Z hlediska způsobu je měření rozděleno na dva základní druhy:

- **Přímé měření** – měřená elektrická energie prochází přímo elektroměrem
- **Nepřímé měření** – měřená elektrická energie prochází přes MT. Elektroměr musí mít nastaven násobitele naměřené hodnoty, který odpovídá převodovému poměru MT.



Obr. 7 Znázornění provedení parametrizace elektroměru k převodu MTP

Na distribučním území ČEZ Distribuce, a. s. se při nepřímém měření používají statické multifunkční průběhové elektroměry výrobce LandisGyr a Itron. Těmito elektroměry se měří odběr nebo dodávka činné a jalové energie.



Obr. 8 Statické průběhové multifunkční elektroměry, vlevo výrobce LandisGyr, vpravo Itron

### 2.5.2 Univerzální měřicí přístroj

Univerzální měřicí přístroje pracují na všech napěťových hladinách pro měření napětí, proudů, výkonů a vyhodnocování energií. Mohou vyhodnocovat  $\frac{1}{4}$  hodinová maxima fázových proudů, zaznamenávat denní diagramy ve zvolené dny, registrovat události na napětí (poklesy, zvýšení a přerušení). Dlouhodobě zaznamenávají měřené veličiny na paměťovou kartu nebo umožňují dálkový přenos [5]. V praktické části bakalářské práce bylo použito univerzálního měřicího přístroje typu MEg40<sup>+</sup>.



*Obr. 9 Univerzální měřicí přístroj MEG40<sup>+</sup>*

Přístroj MEG40<sup>+</sup> provádí současně funkce elektroměru a funkce monitoru. Ve funkci elektroměru má pro každou fázi šestici registrů energií. Měřicí režimy a převodní konstanty prvků měřicího řetězce lze programovat pomocí klávesnice přístroje nebo komfortněji pomocí PC. Všechna změřená data uchovává přístroj MEG40<sup>+</sup> ve FLASH datové paměti pro jejich další zpracování v PC nebo PDA a archivaci v databázových prostředcích [5].

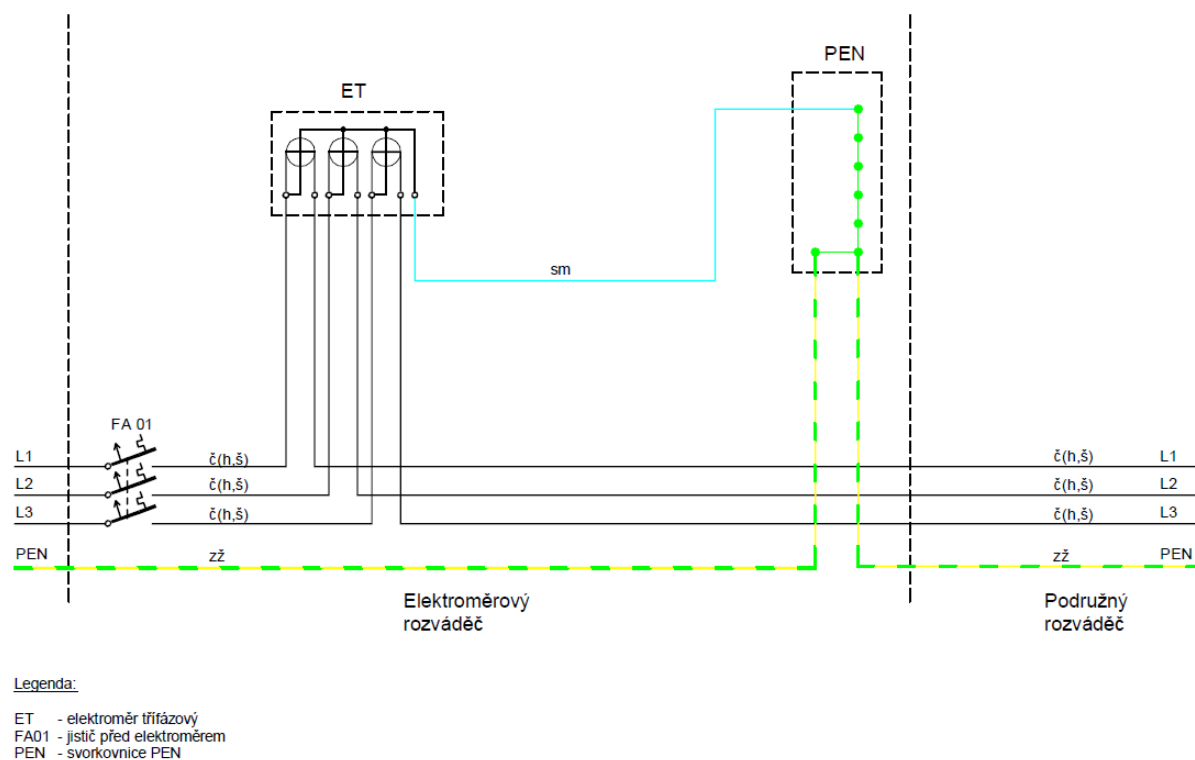
## **2.6 Podmínky pro umístění měřicího zařízení z pohledu provozovatele distribuční soustavy**

Elektrické vybavení odběrného místa se obecně řídí požadavky provozovatele distribuční soustavy, který přísluší lokalitě odběrného místa. Pro tento účel provozovatel distribuční soustavy vydává v písemné formě tzv. pravidla provozovatele distribuční soustavy a dále také připojovací podmínky. Připojovací podmínky jsou závazné pro nově připojovaná nebo rekonstruovaná odběrná místa a shrnují a rozšiřují požadavky na provedení a umístění měřicích souprav definované zákony, vyhláškami [8], českými státními normami či podnikovými normami energetiky.

Měřicí zařízení se skládá z měřicích transformátorů, propojovacích vedení, zkušební svorkovnice, elektroměrů, registračních stanic pro vytváření součtů nebo rozdílů mezi naměřenými hodnotami, komunikačních přístrojů a pomocných přístrojů. Účelem měřicího zařízení je korektním způsobem získávat data o odebírané a dodávané elektřině a pořízená data dále poskytovat účastníkům trhu s elektřinou.

### 2.6.1 Přímé měření

Elektroměrem prochází veškerá měřená elektřina. Nejsou použity měřicí transformátory. Přímé měření se standardně využívá pro odběrná místa připojená na napěťové hladině do 1 kV s osazeným hlavním jističem do hodnoty 3x80 A včetně.



Obr. 10 Zapojení přímého měření [4]

### 2.6.2 Nepřímé měření

Veškerá měřená elektřina prochází měřicími transformátory. Nepřímé měření je rozděleno podle užitých typů měřicích transformátorů:

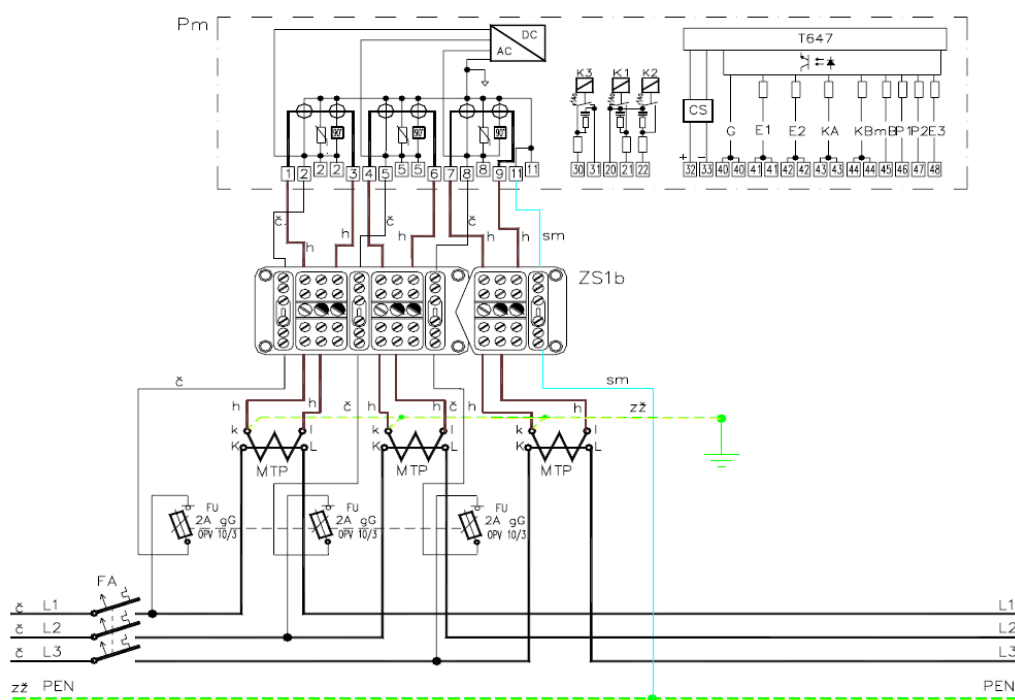
- polopřímé měření – měřená elektřina prochází pouze MTP
- převodové měření – měřená elektřina prochází MTP i MTN.

Z výstupních svorek měřicích transformátorů směřuje do elektroměru signál, který je násobně menší dle definovaného převodu měřicího transformátoru. Transformace měřených veličin umožňuje snížit nároky na dimenzování elektroměru. Tím se snižují náklady na výrobu elektroměrů, zmenšují se rozměry elektroměrů a je umožněna jejich větší unifikace.

Měření u zákazníků kategorie A, B a u výrobců se provádí vždy s použitím MTP a při primárním měření (tj. měření na straně vyššího napětí transformátoru) také s použitím MTN. MT jsou podle zákona o metrologii č. 505/1990 Sb. v platném znění [10] stanovená měřidla, která musí být schváleného typu a úředně ověřena. To znamená, že MT budou opatřeny úřední značkou a letopočtem (min. posledním dvojčíslem letopočtu) posledního ověření.

Sekundární měření (tj. měření na straně nižšího napětí transformátoru) je dle připojovacích podmínek ČEZ Distribuce, a. s. požadováno v případě připojení jednoho transformátoru do maximálního příkonu 1000 kVA včetně, když nelze použít primární měření.

MTP se osadí ve všech třech fázích vždy za hlavním jističem (ve směru od silového transformátoru) ve vstupním poli hlavního rozváděče NN. Při měření více vývodů ze společných přípojníc hlavního rozváděče NN se MTP umístí za jističem odbočující větve pro jednotlivé vývody. Pro jakékoliv přístroje zákazníka (osvětlení, zásuvky, ampérmetry, podružné elektroměry, ochrany nebo kompenzace účinníku) musí být vždy osazeny samostatné MTP, které se umístí do měřené části přípojníc (za MTP pro fakturační měření).



**Legenda:**

Pm – elektronický elektroměr třífázový čtyřkvadrantní

FU – pojistkový odpínač s pojistkou 2 A

FA – jistič před elektroměrem

ZS1b – zkušební svorkovnice šroubovací

MTP – měřicí transformátory proudu

Obr. 11 Zapojení nepřímého měření [4]

### 2.6.3 Požadovaná třída přesnosti MT na území PDS ČEZ Distribuce, a. s.

Požadované třídy přesnosti jsou stanoveny v přípojovacích podmínkách provozovatele distribuční soustavy, ČEZ Distribuce, a. s. [4]

Tab. 2 Požadované třídy přesnosti PDS

Napět'ová hladina	Měřicí transformátor	Třída přesnosti	převod
VVN	MTP	0,2S	$x / 1 (5) A$
	MTN	0,2	$110000/\sqrt{3} / 100/\sqrt{3} V$
VN	MTP	0,5S	$x / 5 A$
	MTN	0,5	$x/\sqrt{3} / 100/\sqrt{3} V$ pro jednopólově izolované MTN
NN	MTP	0,5S	$x / 5 A$
	MTN	—	—

## 2.7 Rozdělení typu měření z pohledu legislativy [11]

Způsoby měření elektřiny se zabývá Vyhláška č. 82/2011 Sb. o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny. Vyhláška definuje typy měření odběrných míst (typ A, B, C, M) a neměřené odběry.

### 2.7.1 Měření typu A

Průběhové měření s dálkovým denním přenosem údajů, které průběžně zaznamenává střední hodnoty činného a jalového výkonu za měřicí interval. Základní měřicí interval je čtvrt hodina, interval pro vyhodnocení je 1 hodina a interval pro zpracování a přenos naměřených údajů je 1 kalendářní den. Typ měření A se používá:

- u předávacích míst mezi přenosovou soustavou a zahraničními soustavami s napětím vyšším než 1 kV,
- u předávacích míst mezi přenosovou soustavou a distribuční soustavou s napětím vyšším než 1 kV,
- u předávacích míst mezi distribučními soustavami s napětím vyšším než 1 kV,
- u předávacích míst výroben elektřiny s napětím vyšším než 1 kV přímo připojených k přenosové nebo distribuční soustavě,
- u odběrných míst zákazníků s odběrem z distribuční soustavy s napětím nad 52 kV,
- u odběrných míst zákazníků s odběrem z distribuční soustavy s napětím od 1 kV do 52 kV v případě, že rezervovaný příkon činí nad 250 kW.



### 2.7.2 Měření typu B

Průběhové měření s dálkovým, jiným než denním přenosem údajů, které průběžně zaznamenává střední hodnoty činného a jalového výkonu za měřicí interval. Pokud z technických důvodů nelze uskutečnit dálkový přenos, je možné provést přenos údajů jiným způsobem. Základní měřicí interval je čtvrt hodina, interval pro vyhodnocení je 1 hodina a interval pro zpracování a přenos naměřených údajů je 1 kalendářní měsíc. Alespoň typ měření B se používá:

- u předávacích míst mezi distribučními soustavami s napětím do 1 kV s nepřímým měřením,
- u předávacích míst výroben elektřiny s napětím do 1 kV a instalovaným výkonem nad 10 kW,
- u odběrných míst zákazníků s odběrem z distribuční soustavy s napětím od 1 kV do 52 kV v případě, že rezervovaný příkon činí do 250 kW včetně,
- u odběrných míst zákazníků s odběrem z distribuční soustavy s napětím do 1 kV s nepřímým měřením,
- u odběrných míst zákazníků s odběrem z distribuční soustavy s napětím do 1 kV, prostřednictvím kterých je připojena výrobní elektřiny s instalovaným výkonem nad 10 kW,
- u výroben elektřiny nebo u každého výrobního zdroje elektřiny jako součásti výrobní elektřiny, které jsou připojeny k přenosové soustavě nebo k distribuční soustavě prostřednictvím jiné výrobní elektřiny.

### 2.7.3 Měření typu M

Průběhové měření s dálkovým přenosem údajů, které průběžně zaznamenává střední hodnoty činného výkonu za měřicí interval (opět zpravidla čtvrt hodina). Pokud z technických důvodů nelze uskutečnit dálkový přenos, je možné provést přenos údajů jiným způsobem. Základní měřicí interval je čtvrt hodina, interval pro vyhodnocení je 1 hodina a interval pro zpracování a přenos naměřených údajů je 1 kalendářní měsíc. Alespoň typ měření M se používá:

- u předávacích míst výroben elektřiny s napětím do 1 kV přímo připojených k distribuční soustavě s instalovaným výkonem do 10 kW včetně,
- u odběrných míst zákazníků s odběrem z distribuční soustavy s napětím do 1 kV, prostřednictvím kterých je připojena výrobní elektřiny s instalovaným výkonem do 10 kW včetně.

### 2.7.4 Měření typu C

Neprůběhové měření. Může disponovat dálkovým přenosem údajů. Zpracování a přenos údajů je prováděn nejméně jedenkrát za rok. Alespoň typ měření C se používá:

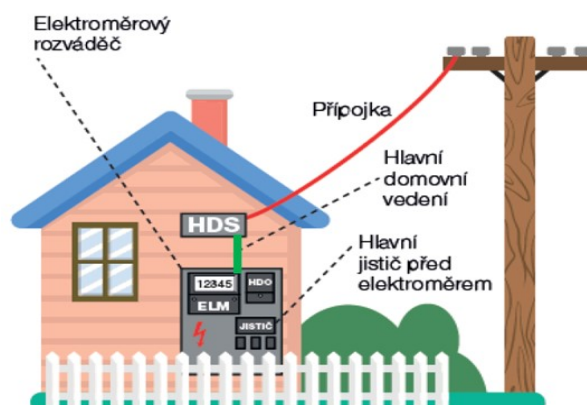
- u odběrných míst zákazníků, která nejsou specifikována v bodech 2.7.1 až 2.7.3,
- u odběrných a předávacích míst, kde není technicky a ekonomicky možné instalovat měření podle bodů 2.7.1 až 2.7.3.

### 2.7.5 Neměřené odběry

Odběr elektřiny bez měřicího zařízení lze umožnit na základě smlouvy pouze tam, kde není technicky a ekonomicky možné zajistit řádné měření odběru. Bližší podmínky jsou specifikovány v platném cenovém rozhodnutí ERÚ [6].

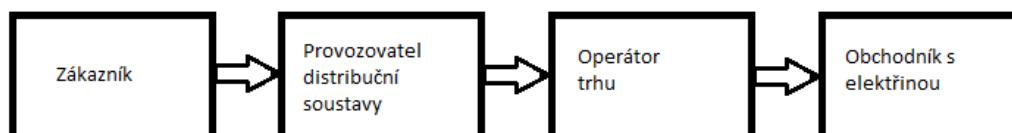
## 2.8 Fakturační měření spotřeby elektrické energie

V rámci odběrného místa zákazníka dochází ke spotřebě elektrické energie, která je měřena elektroměrem. Elektroměr není ve vlastnictví zákazníka, ale je ve vlastnictví příslušného provozovatele distribuční soustavy.



Obr. 12 Znárodnění měření elektřiny v odběrném místě

Provozovatel distribuční soustavy odečítá data z elektroměru. Tato data následně zpracovává a předává operátorovi trhu, který je zprostředkovatelem a zasílá příslušná data obchodníkovi s elektřinou, kterého si daný zákazník zvolil. Na základě takto naměřených a předaných dat vystavuje obchodník zákazníkovi fakturu za dodávku elektřiny.



Obr. 13 Schématické znázornění předávání naměřených dat

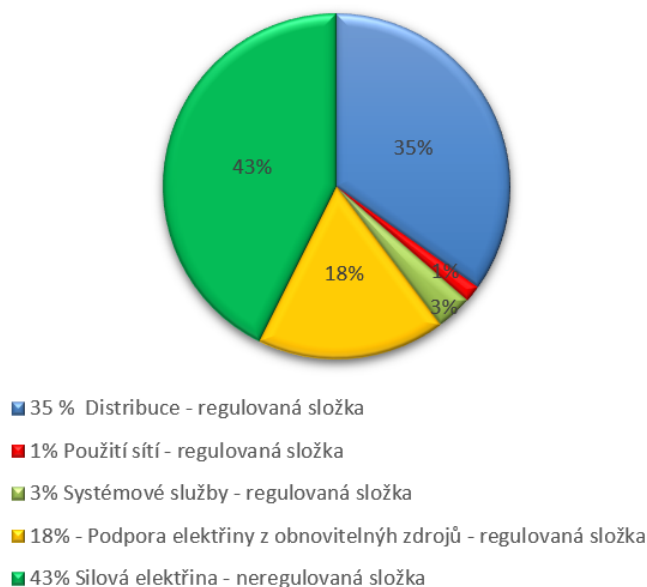
## 2.9 Fakturace dle naměřených údajů o spotřebě elektrické energie

Faktura se skládá ze dvou částí – regulované a neregulované části.

- Neregulovaná část – jedná se o platby za silovou elektřinu, tj. za komoditu, stanovené obchodníkem s elektřinou. Ceny za silovou elektřinu jsou v této obchodní části různorodé, a to s ohledem na konkurenční prostředí díky provedené liberalizaci trhu s elektřinou. Pro objektivní porovnání se tato práce nezabývá obchodní částí.

- b) Regulovaná část – obsahuje regulované platby související s dodávkou elektřiny. Tyto položky jsou pevně dané platnou legislativou a jejich výše je dána platným cenovým rozhodnutím vydaným ERÚ [6].

### Rozpad ceny elektřiny pro odběratele z VN (prosinec 2018)



Obr. 14 Graficky znázorněný rozpad ceny elektřiny pro odběratele na hladině VN

#### 2.9.1 Regulované platby související s dodávkou elektřiny [7]

Mezi regulované platby související s dodávkou elektřiny patří:

1. cena zajišťování distribuce elektřiny, která je vícesložková a tvoří ji
  - a) cena za rezervovanou kapacitu v Kč/MW/měsíc nebo v Kč/měsíc pro odběratele na napětíové hladině velmi vysokého a vysokého napětí nebo cena za příkon podle jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před elektroměrem v Kč/měsíc nebo v Kč/A/měsíc nebo cena za příkon v Kč/10 W/měsíc nebo stálá cena v Kč/odběrné místo/měsíc pro odběratele na napětíové hladině nízkého napětí,
  - b) cena za použití sítí distribuční soustavy v Kč/MWh na napětíové hladině velmi vysokého a vysokého napětí nebo cena za distribuované množství elektřiny v Kč/MWh na hladině nízkého napětí,
  - c) cena za překročení rezervované kapacity pro odběr z distribuční soustavy s napětím mezi fázemi nad 1 kV v Kč/MW/měsíc,
  - d) cena za nedodržení účinníku v Kč/měsíc pro odběratele na napětíové hladině velmi vysokého a vysokého napětí,
  - e) cena za nevyžádanou dodávku jalové energie do distribuční soustavy v Kč/MVArh pro odběratele na napětíové hladině velmi vysokého a vysokého napětí,
  - f) cena za překročení rezervovaného příkonu v Kč/MW/měsíc
  - g) cena za překročení rezervovaného výkonu v Kč/MW/měsíc nebo Kč/kW/měsíc,

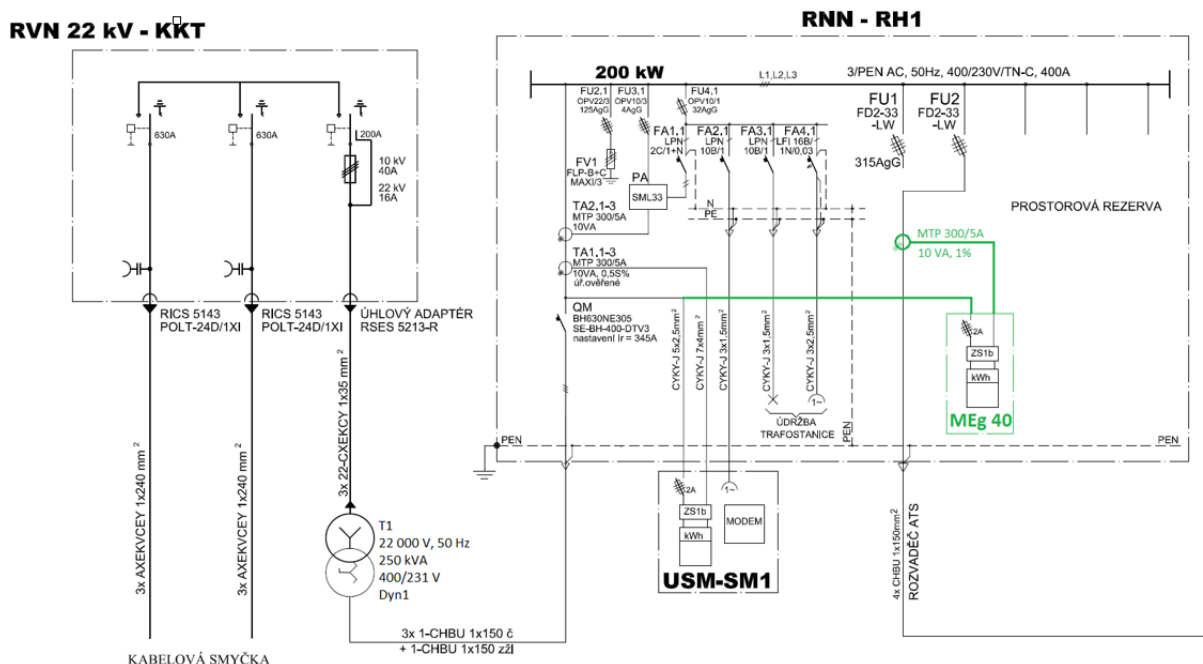
2. cena za systémové služby v Kč/MWh,
3. cena za činnosti operátora trhu, která zahrnuje
  - a) cenu za činnosti související se zúčtováním odchylek v Kč/odběrné místo/měsíc,
  - b) cenu za činnosti související s výplatou a administrací podpory z podporovaných zdrojů v Kč/odběrné místo/měsíc
  - c) poplatek na činnost Energetického regulačního úřadu v Kč/odběrné místo/měsíc,
4. složka ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie podle zákona o podporovaných zdrojích energie v Kč/MW/měsíc, Kč/A/měsíc nebo Kč/MWh.

Tab. 3 Rozpis cen za regulované platby pro rok 2018

Cena za měsíční rezervovanou kapacitu	[Kč/MW]	191158
Cena za roční rezervovanou kapacitu	[Kč/MW]	171705
Cena za překročení rezervovaného příkonu	[Kč/MW]	764632
Cena za překročení rezervované kapacity	[Kč/MW]	686820
Cena za použití sítí PDS	[Kč/MWh]	44,16
Pevná cena za systémové služby	[Kč/MWh]	96,63
Složka ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie	[Kč/MWh]	495
Cena za činnosti operátora trhu	[Kč/měsíc]	5,4

### 3. Rozbor naměřených údajů spotřeby s ohledem na změnu třídy přesnosti transformátorů

#### 3.1 Popis odběrného místa



Obr. 15 Schéma zapojení

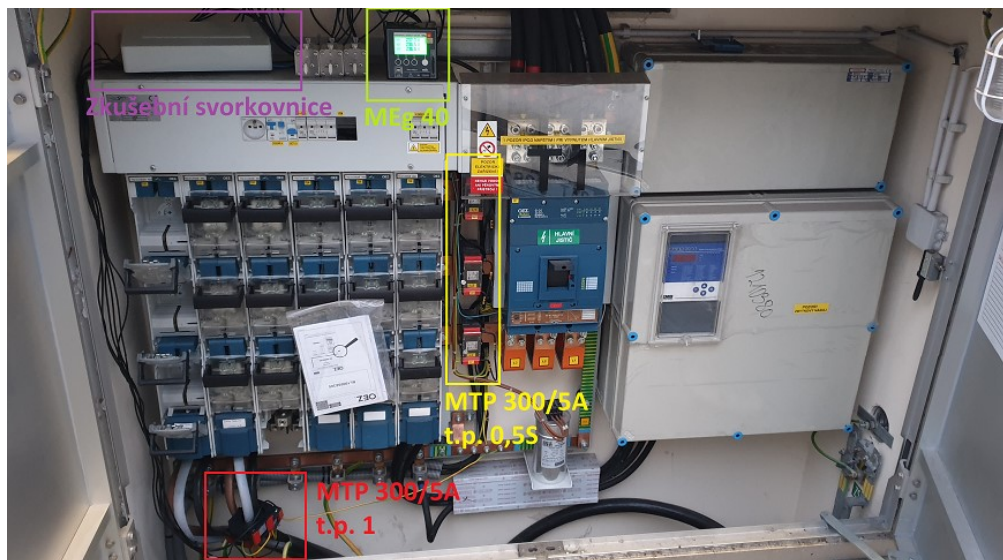
Odběrným místem je kiosková trafostanice připojená na kabelovou smyčku VN 22 kV. Odběratelská část začíná vývodem z rozvaděče VN na silový transformátor 250 kVA. Vývod ze sekundární strany transformátoru je zapojen do rozvaděče NN. V rozvaděči NN se nachází hlavní jističí prvek, MTP fakturačního měření, MTP regulace, NN vývody. Fakturační elektroměr, zkušební svorkovnice a modem pro dálkový odečet se nachází v USM umístěné na boční straně trafostanice.

Na obrázku 15 je schéma zapojení odběrného místa, ve kterém je zeleně vyznačeno umístění druhé sady MTP a připojení přístroje MEg40<sup>+</sup>. Montáž MTP, propojovacího vedení, zkušební svorkovnice a přístroje MEg40<sup>+</sup> si vyžádala beznapětový stav, který provozovatel odběrného místa umožnil v den pracovního klidu. Celá montáž trvala přibližně 1 hodinu. Po opětovném uvedení odběrného místa pod napětí bylo provedeno naprogramování přístroje MEg40<sup>+</sup> na stanovený převod, frekvenci odečítání a další parametry za pomoci softwaru prostřednictvím přenosné výpočetní techniky.

Období pro paralelní měření bylo omezeno krátkou výpůjčkou měřicích zařízení. I přesto bylo změřeno množství dat dostačující pro porovnání dat z obou měřicích souprav. Měření bylo instalováno v termínu od 12. 12. 2018 do 21. 12. 2018.

Odběrné místo je měřeno fakturačním elektroměrem výrobce Landis+Gyr.

### 3.2 Fyzické provedení instalace měření



Obr. 16 Rozvaděč NN s instalovanými MTP

Fakturační měření odběrného místa je umístěno na měděných přípojnících za kompaktním jističem MODEION výrobce OEZ. Umístění MTP fakturačního měření je označeno žlutým rámečkem v obrázku 16. Ideální by bylo umístit druhou sadu MTP vedle fakturačních MTP, prostorové omezení však tento ideální stav nedovoluje. Proto bylo zvoleno umístění MTP na kabelovém vývodu z rozvaděče nízkého napětí, označeno červeným rámečkem v obrázku 16. V rozvaděči nízkého napětí se nacházejí dva paralelní kabelové vývody. Aby mohlo být měření úspěšně provedeno, musela se vyjmout pojistková sada nožových pojistek jističí první kabelový vývod. Na v pořadí druhý kabelový vývod byla provedena instalace MTP typu ASK 31.4 výrobce MBS v násuvném provedení. Vývody z MTP byly připojeny do zkušební svorkovnice, odkud byl připojen i přístroj MEG40<sup>+</sup>. Napěťové obvody přístroje MEG40<sup>+</sup> byly napojeny přes pojistky na napěťové obvody fakturačního elektroměru.

Parametry druhé sady instalovaných MTP typu ASK 31.4 výrobce MBS v násuvném provedení [1]:

- Jmenovitý převod 300/5 A
- Jmenovitá zátěž 10 VA
- Třída přesnosti 1
- Jmen. trvalý tepelný proud  $I_{cth}$ :  $1,0 \times I_N$
- Jmen. krátkodobý tepelný proud  $I_{th}$ :  $60 \times I_N$ , 1 sec
- Nadproudové číslo: FS5
- Jmen. dynamický proud  $I_{dyn}$ :  $2,5 \times I_{th}$
- Max. provozní napětí  $U_m$ : 0.72 kV
- Zkušební izolační napětí: 3 kV,  $U_{eff}$ , 50 Hz, 1 min.
- Jmenovitý kmitočet: 50 Hz
- Třída izolace: E
- Stupeň krytí: IP 20
- Rozsah pracovních teplot: -5°C až +40°C
- Rozsah skladovacích teplot: -25°C až +70°C



Obr. 17 Použitý MTP typu ASK31.4

## 4. Analýza naměřených dat, vyhodnocení měření

### 4.1 Naměřené údaje

Naměřený hodinový profil obsahuje příliš velké množství dat pro prezentaci v takovém dokumentu. V kapitole 4.1.1 a 4.1.2 je vložena část naměřeného vzorku.

#### 4.1.1 Fakturační elektroměr

Prostřednictvím fakturačního elektroměru byly změřeny proudy v jednotlivých fázích  $I_{ELM1}$ ,  $I_{ELM2}$ ,  $I_{ELM3}$  a hodinový profil spotřeby elektrické energie  $A_{ELM}$ .

Tab. 4 Vzorek hodnot proudů získaných fakturačním elektroměrem

$t$ [dd.mm.rrrr hh:mm:ss]	$I_{ELM1}$ [A]	$I_{ELM2}$ [A]	$I_{ELM3}$ [A]
12.12.2018 00:00:01	12,64	13,37	16,12
12.12.2018 01:00:01	15,92	15,14	17,91
12.12.2018 02:00:01	14,03	14,17	16,94
12.12.2018 03:00:01	14,29	14,00	16,88
12.12.2018 04:00:01	15,02	14,96	18,05
12.12.2018 05:00:01	16,31	17,57	21,07
12.12.2018 06:00:01	18,98	17,40	20,30
12.12.2018 07:00:01	19,82	17,83	23,20
12.12.2018 08:00:01	29,46	24,46	36,12
12.12.2018 09:00:01	36,73	31,75	40,12
12.12.2018 10:00:01	43,19	39,40	47,77
12.12.2018 11:00:01	39,29	35,16	44,72
12.12.2018 12:00:01	28,17	25,29	35,52

Tab. 5 Vzorek hodnot činné energie získaných fakturačním elektroměrem

$t$ [dd.mm.rrrr hh:mm:ss]	$A_{ELM}$ [kWh]
12.12.2018 00:00:01	8,84
12.12.2018 01:00:01	10,4
12.12.2018 02:00:01	10,14
12.12.2018 03:00:01	9,88
12.12.2018 04:00:01	9,36
12.12.2018 05:00:01	12,74
12.12.2018 06:00:01	13
12.12.2018 07:00:01	13,52
12.12.2018 08:00:01	21,32
12.12.2018 09:00:01	25,48
12.12.2018 10:00:01	30,42
12.12.2018 11:00:01	28,34
12.12.2018 12:00:01	24,7

#### 4.1.2 Přístroj MEG40<sup>+</sup>

Prostřednictvím přístroje MEG40<sup>+</sup> byly změřeny proudy v jednotlivých fázích  $I_{MEG1}$ ,  $I_{MEG2}$ ,  $I_{MEG3}$  a hodinový profil spotřeby elektrické energie  $A_{MEG}$ .

Tab. 6 Vzorek hodnot proudů získaných přístrojem MEG40<sup>+</sup>

$t$ [dd.mm.rrrr hh:mm:ss]	$I_{MEG1}$ [A]	$I_{MEG2}$ [A]	$I_{MEG3}$ [A]
12.12.2018 00:00:02	13,50	13,10	16,50
12.12.2018 01:00:02	15,30	15,26	17,57
12.12.2018 02:00:02	15,37	15,36	17,31
12.12.2018 03:00:02	14,19	13,67	16,84
12.12.2018 04:00:02	15,20	14,16	17,20
12.12.2018 05:00:02	16,80	16,80	22,70
12.12.2018 06:00:02	18,90	18,40	21,50
12.12.2018 07:00:02	19,10	18,40	22,80
12.12.2018 08:00:02	28,83	26,06	34,69
12.12.2018 09:00:02	35,60	32,10	37,01
12.12.2018 10:00:02	43,91	41,74	46,89
12.12.2018 11:00:02	38,29	39,26	44,91
12.12.2018 12:00:02	26,91	26,60	38,49

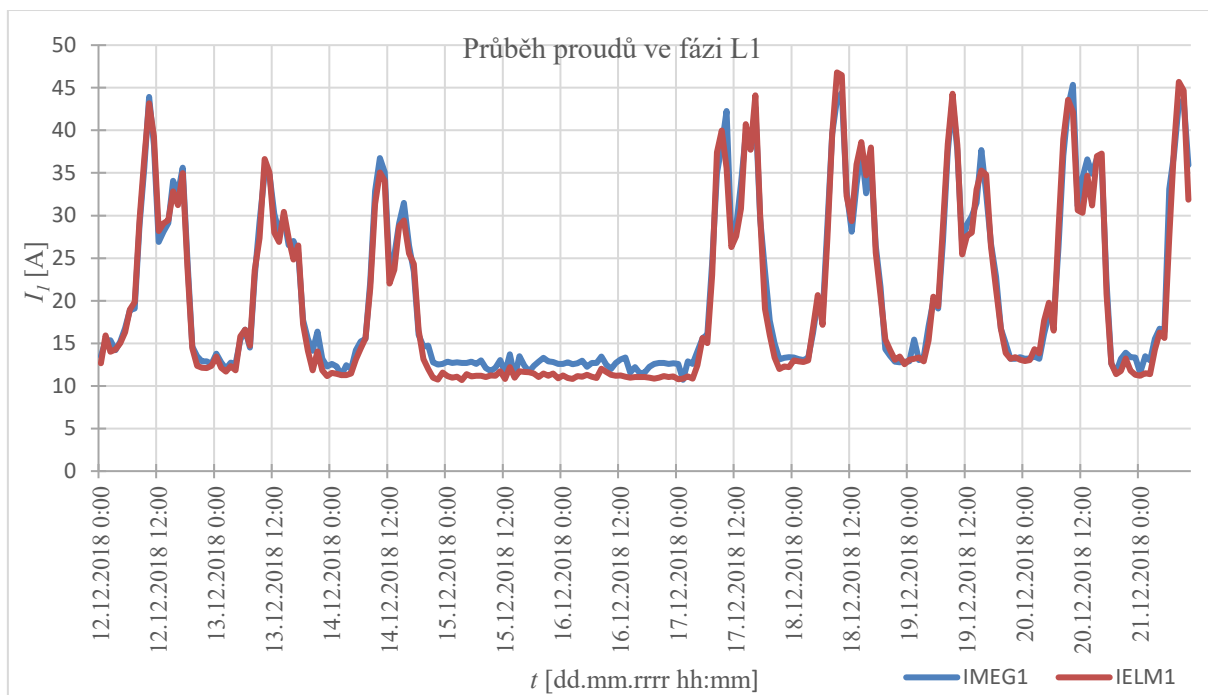
Tab. 7 Vzorek hodnot činné energie získaných přístrojem MEG40<sup>+</sup>

$t$ [dd.mm.rrrr hh:mm:ss]	$A_{ELM}$ [kWh]
12.12.2018 00:00:02	8,684117
12.12.2018 01:00:02	10,24416
12.12.2018 02:00:02	9,230492
12.12.2018 03:00:02	9,385067
12.12.2018 04:00:02	9,092275
12.12.2018 05:00:02	12,22089
12.12.2018 06:00:02	12,58988
12.12.2018 07:00:02	13,14193
12.12.2018 08:00:02	20,75186
12.12.2018 09:00:02	25,45258
12.12.2018 10:00:02	29,28353
12.12.2018 11:00:02	26,57168
12.12.2018 12:00:02	23,40817



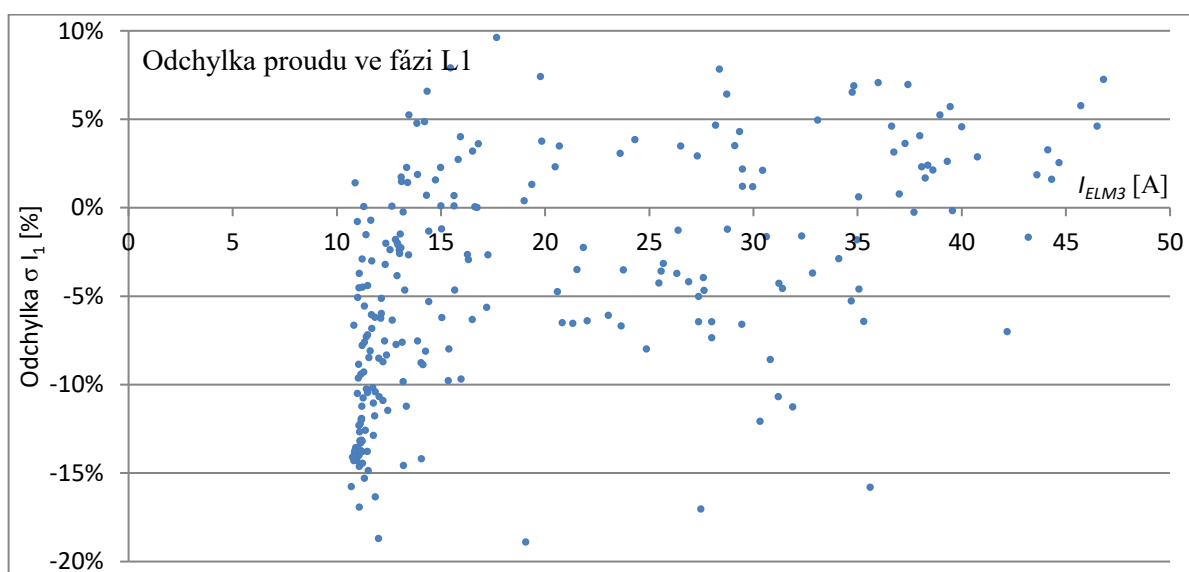
#### 4.1.3 Porovnání proudů podle jednotlivých fází

Na základě naměřených hodnot proudů ve fázích L1, L2 a L3, bylo provedeno grafické porovnání naměřených hodnot z fakturačního elektroměru a z přístroje MEg40<sup>+</sup>. Na základě naměřených hodnot byla vypočtena odchylka, při čemž naměřené hodnoty z fakturačního elektroměru byly zvoleny jako referenční.



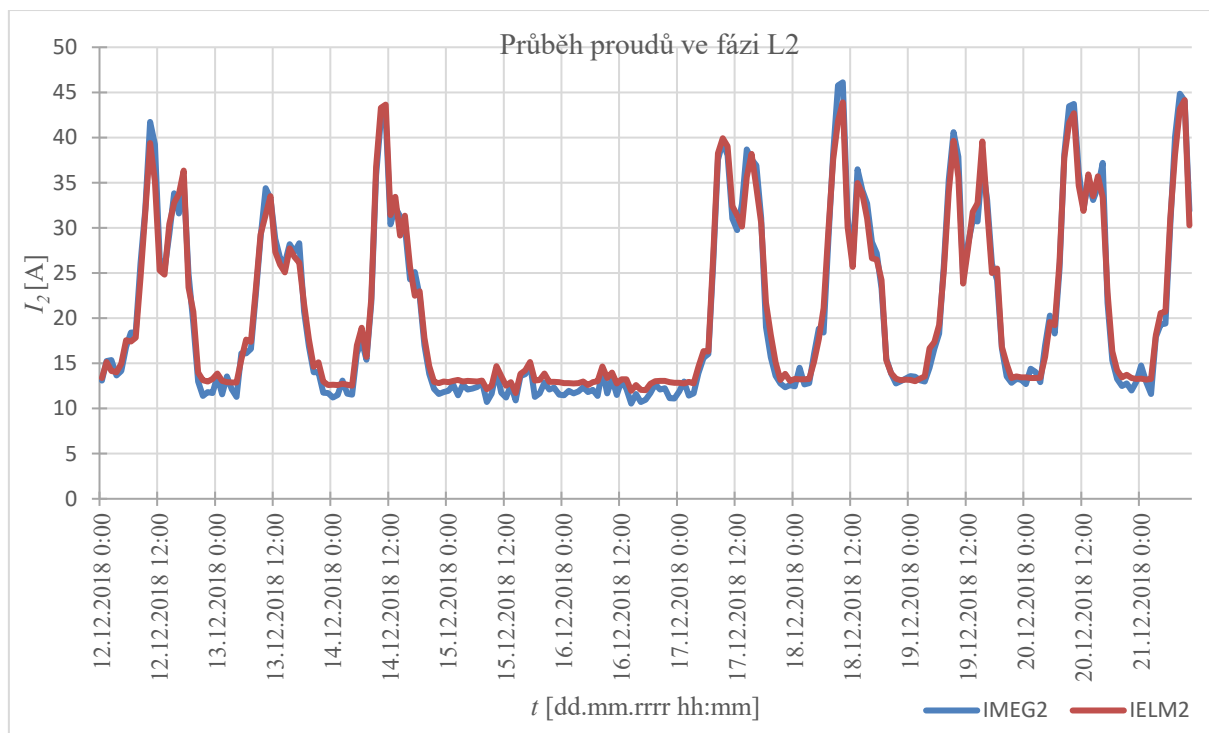
Obr. 18 Průběh proudů ve fázi L1

Na průběhu proudů je zřetelný charakter daného odběru. Špičky představují odběr v pracovní dny a největší pokles odběru je způsoben sníženým odběrem v nočních hodinách nebo ve dnech pracovního klidu.

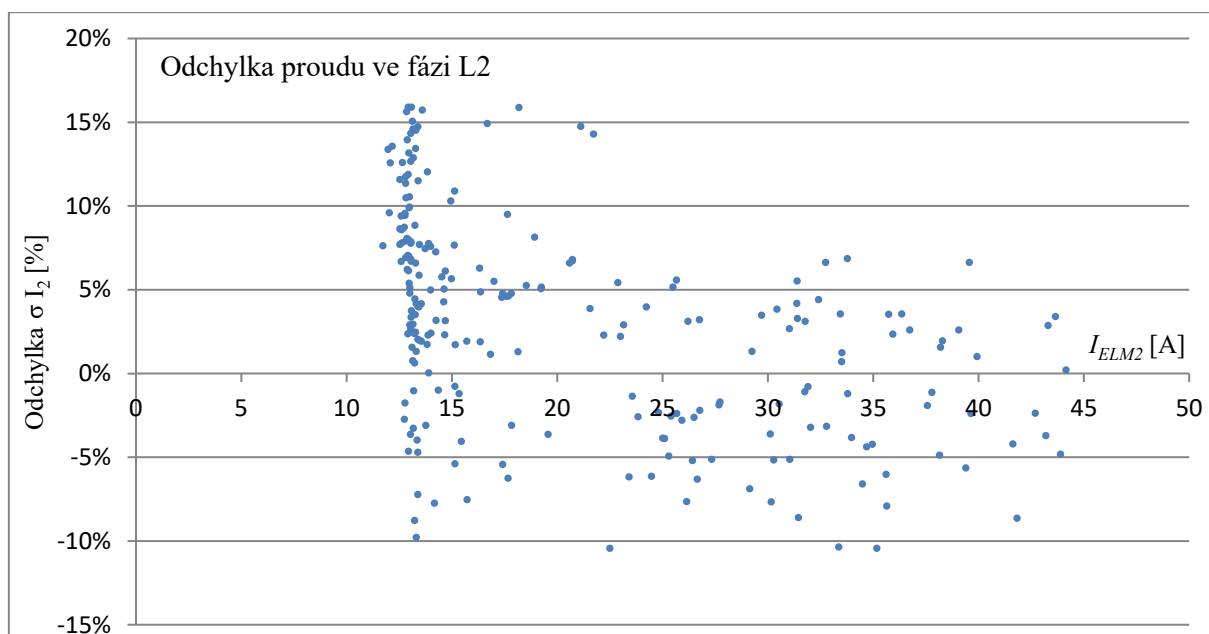


Obr. 19 Odchylka proudu ve fázi L1

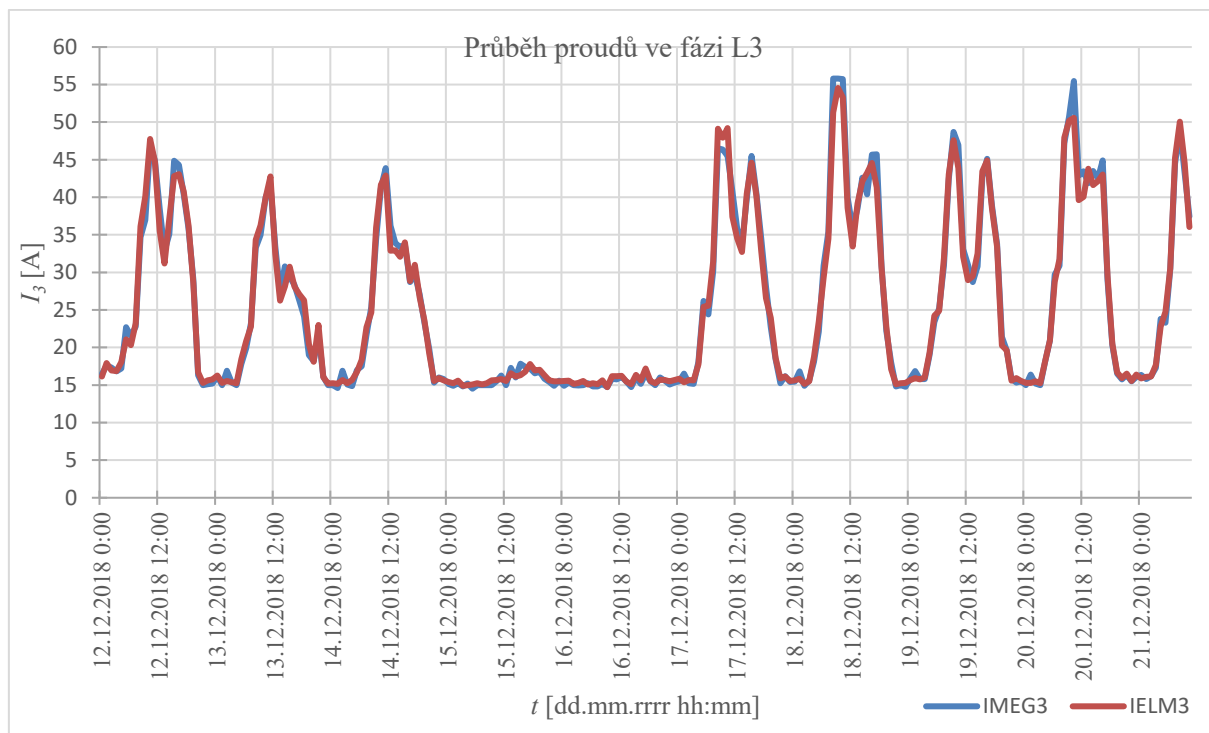
Poměrně velká odchylka měření může být způsobena ne zcela přesným odečtem, zapříčiněným nedokonalou synchronizací času odečtu. Největší odchylky byly zaznamenány při nízké zátěži představující přibližně 5 % jmenovitého primárního proudu MTP.



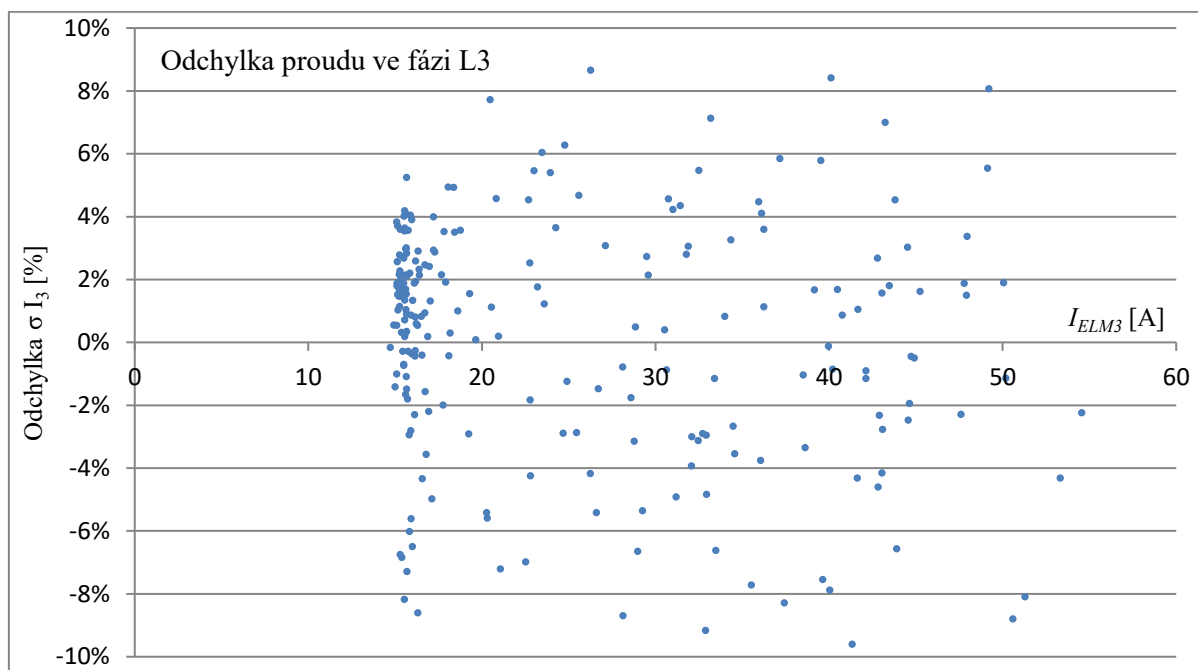
Obr. 20 Průběh proudů ve fázi L2



Obr. 21 Odchylka proudu ve fázi L2

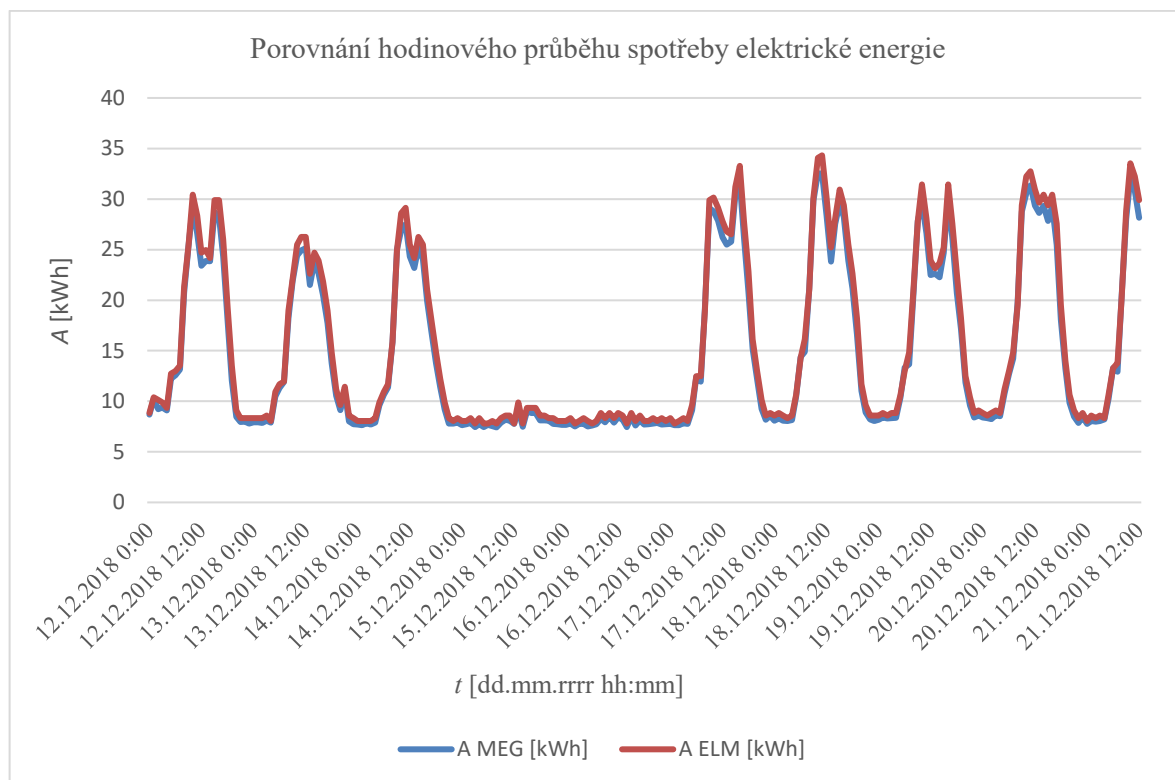


Obr. 22 Průběh proudů ve fázi L3



Obr. 23 Odchylka proudu ve fázi L3

#### 4.1.4 Porovnání hodinového profilu spotřeby elektrické energie



Obr. 24 Porovnání hodinového průběhu spotřeby elektrické energie

Profily spotřeb elektrické energie naměřené pomocí dvou měřicích souprav se téměř překrývají. Opět lze z naměřených profilů odvodit zvýšený odběr elektrické energie v pracovních dnech. Naopak v nočních hodinách a ve dnech pracovního klidu je odběr elektrické energie minimální.

## 4.2 Dopad třídy přesnosti MTP na fakturační údaje

Z naměřených hodnot obou měřicích sad byla vypočtena celková cena za regulované platby související s dodávkou elektřiny. Zároveň byl porovnán rozdíl této ceny a odhadem vypočten finanční dopad za kalendářní rok.

Tab. 8 Výpočet ceny za regulované platby

Fakturace za regulované platby v období od 12. 12. 2018 do 21. 12. 2018		
	Fakturační elektroměr	Přístroj MEg40 <sup>+</sup>
Období od	12.12.2018	12.12.2018
Období do	21.12.2018	21.12.2018
Rezervovaný příkon [kW]	200	200
Napěťová hladina	VN	VN
Naměřené $P_{max}$ [kW]	34	33
Spotřeba elektrické energie $A$ [kWh]	3550	3392
Doba odběru [den]	10	10
Počet dní v kalendářním měsíci	31	31
Cena za překročení rezervovaného příkonu	0,00	0,00
Cena za rezervovanou kapacitu	2116,3	2008,72
Cena za použití sítí	156,77	149,79
Cena za systémové služby	332,39	317,59
Cena za činnost operátora trhu	1,74	1,74
Cena za podporu obnovitelných zdrojů energie	1757,25	1679,04
Cena za zpětnou dodávku jaloviny	0,00	0,00
Cena za nedodržení účinníku	0,00	0,00
<b>Celkem</b>	<b>4 364,45 Kč</b>	<b>4 156,88 Kč</b>
<b>S DPH 21 %</b>	<b>5 280,99 Kč</b>	<b>5 029,83 Kč</b>

Použité veličiny ve výpočtu:

$\Delta A$  [kWh] – rozdíl naměřené spotřeby elektrické energie z fakturačního elektroměru a z přístroje MEg40<sup>+</sup>

$\sigma A$  [%] – procentuální vyjádření rozdílu naměřené spotřeby elektrické energie z fakturačního elektroměru a z přístroje MEg40<sup>+</sup>

$Fa_{ELM}$  [Kč] – faktura za regulované platby související s dodávkou elektřiny vypočtena na základě naměřených dat z fakturačního elektroměru

$Fa_{MEG}$  [Kč] – faktura za regulované platby související s dodávkou elektřiny vypočtena na základě naměřených dat z přístroje MEg40<sup>+</sup>

$\Delta Fa$  [Kč] – finanční rozdíl mezi vypočtenou fakturou na základě dat z fakturačního elektroměru a fakturou na základě dat z přístroje MEG40<sup>+</sup>

$\sigma Fa$  [%] – procentuální vyjádření  $\Delta Fa$

$\Delta Fa_{ROK}$  [Kč] – finanční rozdíl  $\Delta Fa$  přepočtený na kalendářní rok

Procentuální vyjádření  $\sigma A$  [%]

$$\sigma A = \left( \frac{A_{MEG} \cdot 100}{A_{ELM}} \right) - 100 = \left( \frac{3392 \cdot 100}{3550} \right) - 100 = -4,45\%$$

Výpočet  $\Delta Fa$  [Kč]

$$\Delta Fa = Fa_{ELM} - Fa_{MEG} = 5280,99 - 5029,83 = -251,16 \text{ Kč}$$

Procentuální vyjádření  $\sigma Fa$  [%]

$$\sigma Fa = \left( \frac{Fa_{MEG} \cdot 100}{Fa_{ELM}} \right) - 100 = \left( \frac{5029,83 \cdot 100}{5280,99} \right) - 100 = -4,76\%$$

Přepočet finančního rozdílu za 11 dní  $\Delta Fa$  na finanční rozdíl za kalendářní rok  $\Delta Fa_{ROK}$

$$\Delta Fa_{ROK} = \left( \frac{\Delta Fa \cdot 365}{11} \right) = \left( \frac{-251,16 \cdot 365}{10} \right) = -9167,34 \text{ Kč}$$

Přístroj MEG40<sup>+</sup> naměřil ve sledovaném období o 158 kWh menší spotřebu elektrické energie, což odpovídá procentnímu rozdílu 4,45 %.

Za sledované období je faktura z hodnot naměřených měřicí soupravou s nižší třídou přesnosti MTP o 251,16 Kč včetně DPH nižší než faktura z hodnot naměřených fakturačním měřením. Procentuální finanční rozdíl činí 4,76 %. Přepočtem na kalendářní rok je finanční rozdíl 9167,34 Kč vč. DPH.

## 5. Závěr

V praktické části této práce bylo provedeno měření spotřeby elektrické energie pomocí dvou rozdílných typů MTP s rozdílnými hodnotami třídy přesnosti. Referenční měřicí soupravou byla zvolena fakturační měřicí souprava, jenž obsahovala MTP s třídou přesnosti 0,5S. Srovnávací měřicí soupravou byla zvolena souprava s přístrojem MEg40<sup>+</sup> a obsahovala MTP s třídou přesnosti 1.

Měřením se podařilo prokázat vliv třídy přesnosti na naměřená data. Vlivem charakteru daného odběru se nepodařilo prokázat vliv třídy přesnosti MTP v celém rozsahu provozní oblasti daného MTP. Měření bylo provedeno pouze při zatížení pohybující se v rozmezí max. do 20 % jmenovitého primárního proudu MTP. Možným zdrojem chyby měření může být i nedokonalá synchronizace odečtů prováděných fakturačním elektroměrem a přístrojem MEg40<sup>+</sup>.

Jmenovitý převod MTP je stanoven PDS podle sjednané hodnoty rezervovaného příkonu, nikoliv podle skutečného průběhu odběru elektrické energie. Praxe prokazuje, že tento způsob stanovení převodu MTP nemusí být přesný pro případy, kdy charakter odběru neodpovídá hodnotě rezervovaného příkonu. Nesprávně zvolená hodnota rezervovaného příkonu může být způsobená požadavkem zákazníka, přičemž není brán zřetel na soudobost příkonů instalovaných spotřebičů v odběrném místě. Bylo by vhodné volit převod tak, aby bylo využito nadproudové oblasti za podmínky zachování přesnosti měřidla.

Lze učinit závěr, že požadavek PDS dle připojovacích podmínek na použití MTP s třídou přesnosti 0,5S je oprávněný. Při použití MTP s nižší třídou přesnosti je vykazována odchylka v neprospěch PDS. Zákazník ve skutečnosti odebere větší množství elektrické energie, než které by elektroměr s MTP s nižší třídou přesnosti naměřil.

## 6. Seznam literatury

- [1] Přístrojové transformátory proudu | GHV Trading. *Měřicí technika a komponenty pro rozváděče | GHV Trading* [online]. Copyright © 1991 [cit. 20.04.2019]. Dostupné z: <https://www.ghvtrading.cz/rozvadecove-pristroje/transformatory-proudu/>
- [2] Produkty | KPB Intra Instrument Transformers. *KPB Intra Instrument Transformers | Měříme pro Vás vysoké napětí* [online]. Copyright ©2013 [cit. 20.04.2019]. Dostupné z: <https://www.kpb intra.cz/produkty/>
- [3] ČSN EN 61869-2 | [www.technickenormy.cz](http://www.technickenormy.cz). *Technické normy – ČSN normy | www.technickenormy.cz* [online]. Copyright © 2000 [cit. 20.04.2019]. Dostupné z: <https://www.technickenormy.cz/csn-en-61869-2-pristrojove-transformatory-cast-2-dodatecne-pozadavky-na-transformatory-proudu-1/>
- [4] Připojovací podmínky ČEZ Distribuce, a. s., pro umístění měřících zařízení v odběrných a předávacích místech napojených ze sítí VN, VVN | ČEZ Distribuce, a. s. [online]. Copyright © 2019, ČEZ, [cit. 20.04.2019]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/cs/pro-zakazniky/potrebuji-vyresit/pripojovaci-podminky.html>
- [5] Univerzální monitor MEg40 | MEgA – Měřicí Energetické Aparáty, a.s. *Úvodní stránka | MEgA – Měřicí Energetické Aparáty, a.s.* [online]. Copyright © [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <http://www.e-mega.cz/meg-40>
- [6] ERÚ – Cenová rozhodnutí. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/elektrina/cenova-rozhodnuti>
- [7] ERÚ – Vyhláška č. 408/2015 Sb., o Pravidlech trhu s elektřinou – Detail článku. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/-/vyhlaska-c-408-2015-sb-o-pravidlech-trhu-s-elektrinou>
- [8] ERÚ – Vyhláška č. 16/2016 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě – Detail článku. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/-/vyhlaska-c-16-2016-sb-o-podminkach-pripojeni-k-elektrizacni-soustave>
- [9] KOPEČEK, Jan, DVOŘÁK, Miloš, Přístrojové transformátory (měřicí a jistící). Vyd. 1. Praha: Academia – nakladatelství Československé akademie věd, 1966
- [10] Zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii | MPO. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Copyright © Copyright 2005 [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/standardizace/metrologie/zakon-c--505-1990-sb---o-metrologii--118977/p>
- [11] Vyhláška č. 82/2011 Sb. | mojeEnergie. *mojeEnergie | Váš spolehlivý průvodce energetikou* [online]. Copyright © Copyright Done, s.r.o. Všechna práva vyhrazena. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/vyhlaska-c-82-2011-sb>
- [12] Technické informace | PREdistribuce, a. s. [online]. Copyright © 2018 PREdistribuce, a. s. [cit. 22.04.2019]. Dostupné z: <https://www.predistribuce.cz/cs/distribucni-sit/technicke-informace/>